



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2017

Am Zahn der Zeit: Digitale dentale Diagnostik mit Intraoralscannern

Zimmermann, Moritz

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-143278>

Scientific Publication in Electronic Form

Accepted Version

Originally published at:

Zimmermann, Moritz (2017). Am Zahn der Zeit: Digitale dentale Diagnostik mit Intraoralscannern. ZWP online: Oemus Media AG.

TITLE

Am Zahn der Zeit: Digitale dentale Diagnostik mit Intraoralscannern

RUNNING TITLE

Digitale Dentale Diagnostik

AUTHORS

Moritz ZIMMERMANN (Dr med dent)¹

¹ Department of Computerized Restorative Dentistry, Center of Dental Medicine,
University of Zurich, Switzerland

Correspondence:

Dr med dent Moritz Zimmermann

Department of Computerized Restorative Dentistry, Center of Dental Medicine, University of Zurich,
Plattenstrasse 11, 8032 Zurich, Switzerland

e-mail: moritz.zimmermann@zzm.uzh.ch

Phone: +41 44 634 43403

Fax: +41 44 634 4307

Zahnarzt Wirtschaft Praxis ZWP 4/2017

EINLEITUNG

Treffen sie stets die richtigen Entscheidungen? Im Rahmen der korrekten Therapiefindung zählt das Treffen richtiger Entscheidungen zum Alltag eines jeden Zahnmediziners. In der Zahnmedizin werden derartige Entscheidungen stets auf Grundlage einer fundierten Diagnostik getroffen. Das korrekte Feststellen einer bestimmten Diagnose hat für den Erfolg einer zahnärztlichen Therapie somit eine besondere Bedeutung.

Die Digitalisierung vermag hierbei neue Möglichkeiten zu eröffnen um zu einer besseren Diagnostik im Sinne einer verbesserten Patiententherapie zu gelangen. Die intraorale digitale Abformung mit Intraoralscannern als erster Schritt im digitalen dentalen Workflow nimmt dabei naturgemäß ein großes Potential ein.

Der vorliegende Artikel soll ergründen, wie Intraoralscanner bereits heute den Prozess der Entscheidungsfindung und somit der klinischen Diagnosefindung unterstützen können. Was ist heute bereits möglich? Was wird in Zukunft unter Umständen möglich sein?

DIGITALE DENTALE DIAGNOSTIK

Der Begriff Diagnostik ist vom griechischen Wort "diagnosis" abgeleitet und steht für Unterscheidung bzw. Entscheidung. Im eigentliche Sinn bezeichnet Diagnostik im Medizinbereich die Feststellung einer Pathologie. Die eigentliche Diagnose entsteht durch eine zusammenfassende Beurteilung einzelner Befunde. Es ist wichtig anzumerken, dass der Weg zur Diagnosefindung sowohl subjektiv also auch objektiv erfolgen kann, wobei dem objektiven, auf bestimmten messbaren Parametern begründetem Weg naturgemäß der Vorzug zu geben ist.

Da in der Medizin die richtige Diagnose entscheidend für den weiteren Therapieverlauf ist, kommt der Diagnostik insgesamt ein wichtiger Stellenwert bei der Patientenbehandlung zu. In der Medizin ist die Diagnosestellung zudem mit bestimmten rechtlichen Grundlagen verbunden. Die Arzt-Patienten-Beziehung stellt grundsätzlich einen privatrechtlichen Vertrag dar und sieht unter anderem eine Aufklärungspflicht unter anderem auch über die gestellte Diagnose vor.

In der Zahnmedizin gibt es heutzutage bereits einzelne Verfahren, die den Anwender bei der korrekten Entscheidungsfindung in verschiedenen Fragestellungen mit digitaler Technologie unterstützen sollen. An dieser Stelle ist es wichtig anzumerken, dass digitale Verfahren weder die Kompetenzen noch die Erfahrungen des ausgebildeten Fachmannes ersetzen sollen und können.

Die digitale dentale Fotografie ist die sicher die einfachste Methode zur Unterstützung der Entscheidungsfindung mit digitalen Mitteln. Eine strukturierte Dokumentation der Intraoralsituation ermöglicht oftmals erst das Erkennen von wichtigen Details, die bei einer reinen intraoralen Inspektion übersehen worden wären. Hochauflösende Intraoralscans mit Aufnahmequalitäten die an HD Fotos heranreichen, sind daher allein aus Dokumentationsgründen eine immer wichtiger werdende Ergänzung dieser Methode **FIG1**. Die digitale Röntgendiagnostik ist heutzutage zudem unbestritten eine unverzichtbare Ergänzung für die konventionelle Kariesdiagnostik. Neben diesen beiden digitalen Methoden die bereits weite Akzeptanz im Praxisalltag einnehmen, gibt es heutzutage noch zahlreiche weitere weniger bekannte Prozesse bei denen die Entscheidungsfindung durch digitale Technologie unterstützt wird. Im Bereich der Kariologie ist beispielsweise die Kariesdetektion mit Laserfluoreszenz (z.B. Diagnodent) oder DIFOTI Technologie (z.B. Diagnocam) zu nennen. Im Bereich der Parodontologie besteht die Möglichkeit der elektronischen Messung der Zahnfleischtaschentiefen (z.B. mit Floridaprobe) und im Bereich der Endodontologie ermöglichen elektronische Apex-Locatoren mittels Impedanzmethode (z.B. Root ZX) die exakte Bestimmung des physiologischen Apex. Im Bereich der Prothetik sind beispielsweise Prozesse wie die Bestimmung der Zahnfarbe mittels Spektrophotometer (z.B. Easyshade), die digitale Okklusionsanalyse (z.B. T-Scan) und die virtuelle Artikulationsbestimmung (z.B. mittelwertige Artikulatoren in bestimmten CAD Softwares) Beispiele für den unterstützenden Einsatz digitaler Technologien.

DIGITALE DENTALE DIAGNOSTIK MIT INTRAORALSCANNERN

Digitale Prozesse im Sinne einer Entscheidungshilfe sind beim Einsatz von Intraoralscannern bisher nur teilweise etabliert. Die vorhandenen Möglichkeiten und deren Ausmaß sind meist stark vom verwendeten System abhängig. Es ist jedoch mit großer Sicherheit davon auszugehen, dass durch den raschen technologischen Fortschritt die gegebenen Möglichkeiten zusehends erweitert werden und auch systemübergreifend zur Anwendung kommen werden. Gerade im Bereich der Dokumentation und Kommunikation kommt dem Intraoralscan bereits heute eine große Bedeutung zu. Hochauflösende Echtfarben Scans ermöglichen eine nahezu realitätsgenaue Wiedergabe der intraoralen Situation auf dem Bildschirm mit Details, die eine Gipsabformung mit Sicherheit nicht wiedergeben würde. Viele Möglichkeiten sind jedoch strenggenommen vor allem eine Konsequenz von CAD und CAM Softwarelösungen und sind nicht allein bedingt durch die alleinige Anfertigung eines Intraoralscans. Beispiele hierfür sind

z.B. das Anzeigen der Restaurationsschichtstärke, die Okklusions-/Artikulationsanalyse von Restaurationen vor der Fertigung sowie eine automatisierte Analyse der Präparation auf Grundlage bestimmter Parameter **FIG2**.

Für den Intraoralscan ergibt sich gerade durch die Möglichkeit der Dateifusion ein vielversprechendes Potential. Unter Dateifusion versteht man die Möglichkeit, Dateninformationen, die an unterschiedlichen Stellen in der Prozesskette gewonnen werden, in einem einzigen Datensatz mit einem bestimmten Zweck zusammenzuführen. Im digitalen dentalen Workflow sind bisher nur wenige derartige Optionen vorhanden. Das wohl bekannteste Beispiel ist das Matchen von Intraoralscandaten und 3D DVT Daten beim Einsatz von voll navigierten Implantat Systemen.

Im Bereich der Dokumentation und Diagnostik stellt die digitale Farbbestimmung sowie die digitale 3D Verlaufskontrolle mit spezieller Differenzanalyse Software eine interessante Möglichkeit zum Einsatz intraoraler Scansysteme über die alleinige Indikation Abformung hinaus dar.

PRINZIP DIGITALE FARBBESTIMMUNG

Digitale Farbmessgeräte sind als eigenständige Gerät bereits seit einiger Zeit im Markt enthalten. Das Prinzip bei den meisten digitalen Farbmessgeräten ist das Prinzip der Spektrofotometrie. Dieses Prinzip beruht darauf, dass ein auf die Zahnoberfläche aufgelegter Lichtleiter Licht einer definierten Wellenlänge aussendet. Das Licht wird von der Zahnoberfläche reflektiert und dessen Remissionsspektrum kann entsprechend gemessen werden. Die Farbinformation kann im Anschluss in verschiedenen Farbskalen ausgegeben werden.

Die digitale Farbbestimmung mit Intraoralscannern folgt einem leicht abgewandelten Prinzip. Bisher ist nur ein einziges intraorales Scansystem mit dieser Option auf dem Markt erhältlich (3Shape, Trios3). Es ist jedoch davon auszugehen, dass in Zukunft weitere Hersteller ähnliche Systeme auf den Markt bringen werden. Das grundsätzliche Prinzip ist, dass Farbinformationen automatisch während des Scanvorgangs aufgezeichnet werden. Die LED Lichtquelle im Scankopf sendet hierbei Wellenlängen im sichtbaren Lichtspektrum auf die Zahnoberfläche aus und registriert die zurückgestrahlte Lichtmenge. Anschließend erfolgt eine Algorithmen basierte Berechnung der Zahnfarbe aus den während des Scanprozesses erlangten Farbinformationen. Sowohl die Zahngeometrie als auch der entsprechende Aufnahmewinkel werden hierbei berücksichtigt. Die so erhaltenen Farbinformationen werden anschließend in

verschiedene Farbskalen umgerechnet (z.B. VITA 3D Master). In der Literatur sind erste Studien zur Genauigkeit dieser Methoden bereits vorhanden [1].

PRINIZIP DER 3D VERLAUFSKONTROLLE

Das Prinzip der 3D Verlaufskontrolle durch Differenzanalyse wurde in der Literatur bereits ausführlich beschrieben [2]. Es beruht auf einer softwaregestützten Überlagerung von digitalen Datensätzen (z.B. Intraoralscans), die zu verschiedenen Zeitpunkten aufgenommen wurden. Heutzutage gibt es mehrere Softwarelösungen, die im dentalen Bereich speziell für diese Zwecke eingesetzt werden wie z.B. Convince (3Shape), OraCheck (Cyfex) und Geomagic (Geomagic).

Unabhängig von der verwendeten Softwarelösung ist eine exakte Datenerfassung eine unabdingbare Voraussetzung für die korrekte Durchführung der 3D Verlaufskontrolle. Speziell für die mit Intraoralscannern erzeugte digitale intraorale Abformungen gilt, dass das Einhalten einer entsprechenden Scanstrategie nach aktuellen Erkenntnissen empfehlenswert ist [3]. Bei intraoralen Scansysteme gilt es zudem zu beachten, dass sich einzelne Scansysteme in der Punktdichte und der Auflösung des STL Meshes deutlich voneinander unterscheiden können **FIG3+4**.

Das grundsätzliche Prinzip der 3D Verlaufskontrolle ist zunächst die Übereinanderlagerung von zwei digitalen Datensätzen im STL Dateiformat. Bei den meisten Softwarelösungen müssen die Scandatenätze manuell importiert werden. Es existieren jedoch auch in die Scansoftware integrierte Lösungen, bei denen die Analyse als Applikation gestartet werden kann (z.B. OraCheck). Die Übereinanderlagerung der Datensätze, das sogenannte "Matching" geschieht meist nach einem best-fit Algorithmus. Die für die Überlagerung relevanten Bereiche können entsprechend auf den Datensätzen selektiert werden. Es ist naturgemäß sinnvoll, Bereiche zu verwenden, bei denen im Verlauf der Beobachtung keine Veränderungen zu erwarten sind. Ansonsten ergibt die Überlagerung eine Mittelung von Differenzen und die anschließende Analyse liefert nur unpräzise Aussagen. Das Prinzip der Differenzanalyse ist hochgenau. Eigene Messungen mit der Differenzanalyse Software OraCheck ergeben eine Genauigkeit von unter 1µm [4].

Im zweiten Schritt wird die eigentliche Differenzanalyse durchgeführt. Es gilt zu beachten, dass die Differenzanalyse immer die Abweichung eines Datensatzes (Follow-Up) zu einem Ausgangsdatsatz (Baseline) beschreibt. Die Analyse der Differenzen kann entweder qualitativ oder quantitativ erfolgen. Bei der qualitativen Analyse werden die Differenzen meist

farbcodiert als positive/negative Beträge sichtbar wiedergegeben. Eine justierbare Farbskala gibt das Ausmaß der Abweichungen an. Bei der quantitativen Analyse werden die tatsächlichen Differenzen in den Raumkoordinaten x/y/z entsprechend mathematisch berechnet und können aus der Software heraus für weitere Analysen exportiert werden. In den meisten Softwarelösungen gibt es zudem noch spezielle Analysetools, wie beispielsweise das Sichtbarmachen von Schnittbildern oder direkte 2D Distanzmessungen. Aber auch 3D Tools wie z.B. Volumenanalyse sind teilweise vorhanden und können für spezielle Fragestellungen verwendet werden. Es gilt als wichtig zu erwähnen, dass die mathematische Berechnung der entsprechenden Differenzen einen mathematisch komplexen Prozess darstellt. Neben der Richtung der Differenzmessung muss auch eine exakte Definition des jeweiligen Ausgangs- und Endpunktes der Distanzmessung wie z.B. Punkt-Fläche / Punkt-Punkt exakt festgelegt werden. Die unterschiedlichen Softwarelösungen behandeln diesen Aspekt oftmals unterschiedlich.

Als Einsatzgebiet für die Differenzanalyse Software sind grundsätzlich verschiedene klinische Fragestellungen denkbar. Heutzutage wird die Software beim Einsatz von Intraoralscannern v.a. für die Verlaufskontrolle von Abrasion/Erosion/Attritions Erscheinungen, sowie für die Analyse gingivaler Veränderungen eingesetzt. Aber auch diverse Einsatzgebiete im Bereich der Kieferorthopädie sind denkbar und werden vom Autor derzeit genauer untersucht. Im folgenden Abschnitt sollen beispielhaft einige klinische Beispiele für den Einsatz von Intraoralscannern im Sinne einer digitalen dentalen Diagnostik vorgestellt werden.

KLINISCHE BEISPIELE DIGITALE DENTALE DIAGNOSTIK MIT INTRAORALSCANNERN

- (1) Beurteilung Resorptionsvorgänge nach Extraktion und socket-preservation Technik vor geplanter Implantation **FIG5+6+7+8**
- (2) Beurteilung Abrasion/Erosion dentaler Hartsubstanzen **FIG9**
- (3) Beurteilung kieferorthopädischer Fragestellung hinsichtlich Ausmaß der Zahnbewegung nach Alignertherapie **FIG10**

SCHLUSSFOLGERUNGEN

In der Zahnmedizin werden seit jeher die drei Bereiche Dokumentation, Diagnostik und Therapie unterschieden. Intraoralscanner werden heutzutage vor allem im Bereich der

Therapie im Rahmen des digitalen Workflow eingesetzt. Aufgrund der zahlreichen Vorteile findet die digitale intraorale Abformung eine immer weitere Verbreitung und die Möglichkeiten des digitalen Workflows nehmen rasant zu. Gerade durch die Möglichkeit der Dateifusion ergibt sich für die Zukunft ein großes Potential.

Im Bereich der Diagnostik ist der Einsatz von Intraoralscannern heutzutage hingegen nur eingeschränkt verbreitet. Die vorhandenen Möglichkeiten wie 3D Verlaufsanalyse und Zahnfarbemessung sind zudem eher im Bereich der Dokumentation anzusiedeln da eindeutige Diagnostikparameter fehlen und im Grunde genommen eigens entwickelt werden müssten.

Somit kann man bei Intraoralscannern heutzutage nur von einer eingeschränkten Diagnostikmöglichkeit im eigentlichen Sinn der Definition sprechen. Die 3D Differenzanalyse hat gegenüber 2D Verfahren jedoch zahlreiche Vorteile, da weit mehr Informationen erfasst werden können als rein visuell und zweidimensional. Die Qualität der 3D Differenzanalyse hängt jedoch in hohem Maß von der Genauigkeit der Datenerfassung ab.

Das wahre Potential entfaltet der 3D Scan vielleicht erst durch die Dateifusion mit anderen diagnostisch erhobenen Daten. Wie in der Einleitung erwähnt, entsteht Diagnostik stet durch eine zusammenfassende Beurteilung einzelner Befunde. Es ist gut vorstellbar, dass der Intraoralscan in Zukunft ein wichtiges Element in diesem Befundungsprozess einnimmt. Das Ziel bei der Diagnostik sollte nämlich immer sein: sichere Entscheidungen möglichst objektiv zu treffen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Gotfredsen, E., Gram M., Ben Brahem E., Hosseini M., Petkov M., Sitorovic M., *Effectiveness of shade measurements using a scanning and computer software system: a pilot study*. International Journal of Oral and Dental Health, 2015. **1**(2).
2. Mehl, A., et al., *3D monitoring and quality control using intraoral optical camera systems*. Int J Comput Dent, 2013. **16**(1): p. 23-36.
3. Ender, A. and A. Mehl, *Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems*. Int J Comput Dent, 2013. **16**(1): p. 11-21.
4. Zimmermann, M., Mehl, A. , *Digitale dentale Diagnostik mit intraoralen Scansystemen - Vorstellung eines Konzepts anhand klinischer Fallbeispiele*. Conference Paper, Deutscher Zahnärztag 2016, Frankfurt am Main, 2016.